

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-331887

(43)Date of publication of application : 02.12.1994

(51)Int.Cl. G02B 13/00
G02B 5/18
G02B 9/02
G02B 13/02
G02B 13/18

(21)Application number : 06-056073 (71)Applicant : ASAHI OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 25.03.1994 (72)Inventor : MARUYAMA KOICHI

(30)Priority

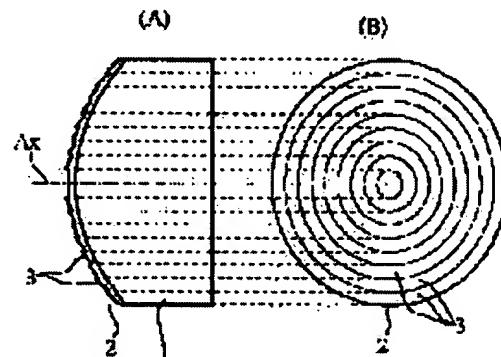
Priority number : 05 66504 Priority date : 25.03.1993 Priority country : JP

(54) COMPOUND LENS

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a compound lens by which the pattern of a diffraction grating can be accurately transferred, whose inside refractive index does not become uneven because of environmental change, which has stable lens performance and where chromatic aberration is corrected.

CONSTITUTION: A glass lens 1 which is hardly influenced by the environmental change is used as a lens having refracting action, and a diffraction element 2 is bonded with the glass lens, so that the compound lens is constituted. The surface of the element 2 on a side which is not bonded with the glass lens 1 is formed to be like stairs so that lens thickness may be large as plural zonal surfaces which are concentric circles with respect to an optical axis separate from the optical axis.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-331887

(43)公開日 平成6年(1994)12月2日

(51) Int.Cl.⁵G 0 2 B 13/00
5/18
9/02
13/02
13/18

識別記号

9120-2K
9018-2K
9120-2K
9120-2K
9120-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 6 O.L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平6-56073

(22)出願日 平成6年(1994)3月25日

(31)優先権主張番号 特願平5-66504

(32)優先日 平5(1993)3月25日

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000000527

旭光学工業株式会社

東京都板橋区前野町2丁目36番9号

(72)発明者 丸山 晃一

東京都板橋区前野町2丁目36番9号旭光学
工業株式会社内

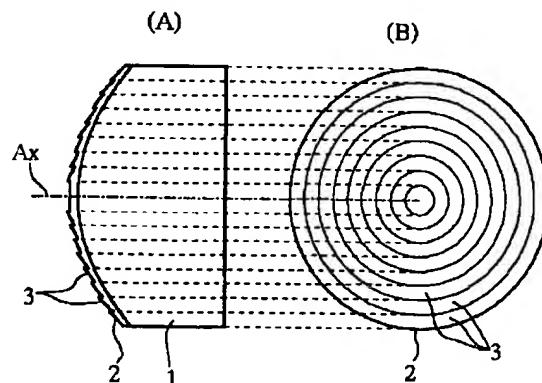
(74)代理人 弁理士 西脇 民雄

(54)【発明の名称】 複合レンズ

(57)【要約】

【目的】 回折格子のパターンを正確に転写することができ、かつ、環境の変化により内部屈折率が不均一となるずにレンズ性能が安定した色収差補正された複合レンズを提供することを目的とする。

【構成】 環境の変化に対する影響が小さいガラスレンズ1を屈折作用を持つレンズとして用い、このガラスレンズに回折素子2を接合して構成される。回折素子2のガラスレンズ1に接合されない側の面は、光軸に対して同心円状の複数の輪帯面が光軸から離れるにしたがってレンズ厚が厚くなるよう階段状に形成されている。



(2)

特開平6-331887

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】屈折作用を持つガラスレンズと、

一方の面で前記ガラスレンズに接合され、他方の面に光軸に対して同心円状の複数の輪帯面が前記光軸から離れるにしたがってレンズ厚が厚くなるよう階段状に形成されている透明な回折素子とから構成されることを特徴とする複合レンズ。

【請求項2】前記回折素子は、プラスチックにより形成されていることを特徴とする請求項1に記載の複合レンズ。

【請求項3】さらに、以下の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の複合レンズ。

$$0.8 \leq t(n-1) / \lambda \leq 1.0$$

ただし、 λ ：使用波長、

t ：光軸方向への1輪帯ごとの回折素子の厚さの差、

n ：回折素子を構成する媒質の屈折率である。

【請求項4】前記ガラスレンズの前記回折素子が接合されない側の面は、連続した非球面であることを特徴とする請求項1に記載の複合レンズ。

【請求項5】前記複数の輪帯面は、前記光軸に対して垂直な平面であることを特徴とする請求項1に記載の複合レンズ。

【請求項6】請求項1の複合レンズと、屈折作用を持つ単一または複数のレンズとを組み合わせて構成されることを特徴とするレンズ系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、レンズの色収差補正に関し、特に単レンズの色収差を回折作用を持つ素子により補正する複合レンズに関わる。

【0002】

【従来の技術】レンズの色収差は構成する物質の特性、特に分散値によって決まる。分散があればレンズのパワーは波長毎に異なるため、単レンズでは色収差を補正できない。そこで、色収差の補正が必要な光学系では、一般に2枚以上のレンズを組み合わせて分散による波長毎のパワーの違いを打ち消し合わせることにより色収差を補正している。

【0003】これに対して、SPIE Vol. 1354 International Lens Design Conference(1990)のApplications of Diffractive Opticsには、ガラスレンズの一方の面に光軸を中心とする同心円状の輪帯面を階段状に形成して回折作用を持たせ、これによりガラスレンズの色収差を補正する技術が開示されている。ガラスレンズの表面に輪帯面を階段状に形成するためには、エッティングによる加工では量産は困難であるため、ガラスモールドの技術を利用することとなる。この技術を利用すれば、理論的には色収差が補正されたガラス単レンズを得ることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、現実的には、ガラスの粘性のために上記の回折面のような微細な構造をモールド型からガラスに正確に転写することは現在の技術では困難である。回折面が正確に転写できず段差部分が滑らかになった場合には、所望する次数の回折光以外の光が漏れ出すため、このレンズを光情報記録再生装置に用いると媒体上の光スポットの径が増大し、光記録書き込み、読み出しの誤り率が増加することとなり、また、写真レンズへ適用するとフレアーアの増加、解像力の低下を招く。

【0005】一方、プラスチックレンズは成形型からの微細構造の転写が容易であり、回折面を作るのには適しているが、プラスチックレンズは成形時において既に屈折率が不均一となる可能性が高い上、使用環境の温度、湿度の変化による影響も受け易いため、プラスチックで上記のような回折面を有するレンズを形成した場合には、性能が安定しないという問題がある。

【0006】内部の屈折率が不均一なプラスチックレンズは、収束レンズとして用いるとスポット径の増大を招き、また、写真レンズなどの大口径のレンズに利用すると像の劣化が顕著となるため、いずれの用途にも利用が困難である。

【0007】

【発明の目的】この発明は、上記の問題に鑑み、回折面のパターンを正確に転写することができ、かつ、環境の変化等により内部屈折率の分布が不均一とならずレンズ性能が安定した色収差補正された複合レンズを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明にかかる複合レンズは、上記の目的を達成させるため、屈折作用を持つレンズには環境の変化に対する影響が小さいガラスレンズを用いると共に、このガラスレンズとは独立した回折素子を接合して構成される。回折素子のガラスレンズに接合されない側の面は、光軸に対して同心円状の複数の輪帯面が光軸から離れるにしたがってレンズ厚が厚くなるよう階段状に形成されている。

【0009】

【実施例】以下、この発明にかかる複合レンズの実施例を説明する。実施例の複合レンズは、図1(A)に模式的に示すように、屈折作用を持つガラスレンズ1と、このガラスレンズ1の一方の面に接合された透明な回折素子2とから構成される。回折素子2は、この実施例ではプラスチックにより成形されている。プラスチックは、回折面の形成が容易であるため、回折素子として用いるのに適している。なお、ここで透明とは、使用される波長の光が透過するという意味であり、例えば赤外光を使用する場合には、肉眼では不透明に見えても赤外光が透過すればよい。

50 【0010】回折素子には、回折のタイプにより振幅型

(3)

特開平6-331887

3

回折素子及び位相型の回折素子が考えられ、位相型には屈折率変調型とレリーフ型とがあるが、実施例では光の利用効率と製造の容易性との点から位相型のレリーフ型の回折素子を用いている。

【0011】位相型のレリーフ型回折素子2の非接合側の面は、図1(B)に示すように光軸に対して同心円状の複数の輪帯面3、3、…が光軸Axから離れるにしたがってレンズ厚が厚くなるよう階段状に形成されている。

【0012】厚さtの媒質を通った光と空気中を通る光との間に発生する光路長差は、媒質の屈折率をnとして、 $(n-1)t$ で与えられる。したがって、回折素子2の隣接する輪帯間の光路に沿った厚さの差は、使用波長をλとして以下の(1)式で得られるt、もしくはその整数倍とする必要がある。

【0013】

$$[数1] t(h) = \lambda / (n - 1) \quad \dots(1)$$

【0014】また、回折素子の輪帯毎の光軸方向の厚さの差tによる光路長差 $t(n-1)$ と波長λとの比率は、以下の条件(2)を満たすことが望ましい。

【0015】

【数2】

$$0.8 \leq t(n-1) / \lambda \leq 1.0 \quad \dots(2)$$

【0016】一般に、回折素子面は、輪帯毎の光路長差が一波長分となるよう形成すれば、1次の回折光を用いることとなり、波長の変化による波面収差の劣化を抑えることができるために、波長変化による回折効率および結像性能の低下を防ぐことができる。

【0017】そして、使用波長幅が狭い場合、あるいは輪帯幅が狭く製造が困難な場合等には、輪帯毎の光路長差を波長の2倍、あるいは3倍以上の整数倍としても色収差補正は可能である。ただし、条件(1)の上限を越えて光路長差を10波長分以上とすると、従来のフレネルレンズと同等の構成となり、製作上の誤差による位相整合のズレが大きくなり易く、かつ、設計波長から離れた波長の入射光に対して回折素子の効率が低下する。

【0018】反対に、条件(1)の下限を下回る場合には、回折素子の位相整合をとることができず実質的に回折素子としての機能を果たさない。

【0019】なお、実施例の複合レンズを光情報記録再生装置用のレンズのようなNAが明るいレンズを利用する場合、あるいは画角が広いレンズに用いる場合には、光路長差 $t(n-1)$ と波長λとの比率は、以下の条件(2)を満たすことが望ましい。

【0020】

【数3】

$$0.8 \leq t(n-1) / \lambda \leq 1 \quad \dots(2)$$

【0021】例えば、光路長差 $t(n-1)$ と波長λとの比率を1とすると、基準波長λ0=780nmで波長が変動する半導体レーザーを光源として用いるレンズを株式会社

$$X(h) = h^2 / (\tau N \times (1 + \sqrt{(1 - (1 + KN) \times h^2 / \tau N^2)}))$$

4

オハラのLAL13(商品名: n780=1.68468)を用いて製作する場合、1輪帯面毎の回折素子の厚さの差tは、以下の(3)式のとおりとなる。

【0022】

$$[数4] t = 0.780 \times 10^{-3} / (n - 1) \\ = 0.780 \times 10^{-3} / 1.68468 = 1.14 \times 10^{-3} \quad \dots(3)$$

【0023】1.14μmの厚さの差は微細であるため、現在のガラスモールドの技術ではガラスの粘性により型のパターンを正確に転写することができない。このため、プラスチック製の回折素子2を用いている。

【0024】

【実施例1】図2は、この発明の実施例1にかかる複合レンズを用いた光学系を示す。この例では、複合レンズを光ディスク装置の対物レンズとして用いている。図中左側から入射した平行光束は、ガラスレンズ1と回折素子2とから成る対物レンズにより、光ディスクのカバーガラスDの内側(図中右側)に位置する記録面に収束される。

【0025】図中左側となる最も物体側の面が回折素子面として作用する輪帯を形成した不連続面であり、その巨視的形状であるベースカーブは非球面である。ガラスレンズ1は、両面球面のレンズである。

【0026】実施例1の具体的な数値構成は、表1に示される。表中の記号λ0は使用波長、fは焦点距離、NAは開口数、rは曲率半径、dはレンズ厚もしくは空気間隔、ndはd線における屈折率、vdはアッベ数、n780は波長780nmにおける屈折率である。また、図3は、この構成による770nm、780nm、790nmの球面収差により示される色収差、非点収差(S:サジタル、M:メリディオナル)を示す。

【0027】

【表1】

$$\lambda 0 = 780\text{nm} \quad f = 3.30\text{mm} \quad NA = 0.55$$

面番号	r	d	nd	vd	n780
1	回折面	0.040			1.51653
2	2.900	2.110	1.89799	34.0	1.88115
3	42.460	1.339			
4	∞	1.200	1.58547	29.9	1.57346
5	∞				

【0028】複合レンズの第1面の形状は、光軸からの距離hの点の非球面のサグ量X(h)を以下の(4)式で定義したとき、表2に示した各係数により与えられる。(4)式は、普通の非球面表現形式に△Nの項が追加されたものである。Nは高さhの点の属する輪帯番号であり、非球面を規定する各係数はNの関数となる。なお、INT(x)は、xの整数部分を取り出す関数である。

【0029】

【数5】

(4)

特開平6-331887

5

6

$$+ A4N \times h^4 + A6N \times h^6 + A8N \times h^8 + A10N \times h^{10} + \Delta N \quad \dots(4)$$

ただし、 r は非球面頂点の曲率半径、 K は円錐係数、 A 4, $A6$, $A8$, $A10$ はそれぞれ 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数である。

【0030】

【表2】

$$\begin{aligned} N &= \text{INT}(7.20 \times h^2 + 0.33 \times h^4 + 0.5) \\ rN &= 2.700 + 5.13 \times 10^{-4} \times N \\ KN &= -0.5000 \\ A4N &= -1.570 \times 10^{-3} + 1.00 \times 10^{-6} \times N \\ A6N &= -1.900 \times 10^{-4} + 3.02 \times 10^{-7} \times N \\ A8N &= -1.900 \times 10^{-5} + 1.51 \times 10^{-8} \times N \\ A10N &= -9.000 \times 10^{-7} \\ \Delta N &= -0.001510 \quad \times N \end{aligned}$$

【0031】対物レンズを高屈折率ガラスを用いて製造する場合には、非球面を用いなくとも高NAの対物レンズとして十分な性能を得ることができるため、この実施例のように球面レンズを用いることができる。

【0032】

【実施例2】図4は、この発明の実施例2にかかる複合レンズを用いた光学系を示す。この例でも、複合レンズを光ディスク装置用の対物レンズとして用いている。具体的な数値構成は表3に示されている。この複合レンズは、第1面が回折面であり、第3面が通常の滑らかな非球面である。図5は、この構成による諸収差を示す。

【0033】

【表3】

$\lambda 0=780\text{nm} \quad f=3.30\text{mm} \quad \text{NA}=0.55$					
面番号	r	d	n_d	v_d	$n 780$
1 回折面	0.040			1.51653	30
2	2.400	2.110	1.58913	61.2	1.58252
3 非球面	1.355				
4 ∞	1.200	1.58547	29.9	1.57346	
5 ∞					

【0034】第1面の形状は、光軸からの距離 h の点の*

$$\begin{aligned} X(h) &= h^2 / (r \times (1 + \sqrt{1 - (1 + K) \times h^2 / r^2})) \\ &+ A4 \times h^4 + A6 \times h^6 + A8 \times h^8 + A10 \times h^{10} \quad \dots(5) \end{aligned}$$

【0039】

【表5】 $r = -9.585$

$$\begin{aligned} K &= 0.000 \\ A4 &= 1.320 \times 10^{-2} \\ A6 &= -2.520 \times 10^{-3} \\ A8 &= 5.580 \times 10^{-4} \\ A10 &= -5.340 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

【0040】なお、図6は、色収差以外は実施例2と同程度の性能を持つ両面非球面単レンズの従来例を示す。具体的な数値構成は表6、非球面係数は表7に示される通りである。この構成による諸収差は、図7に示される。図5と図7とを比較することにより、回折素子を設

【0035】

【表4】

$$\begin{aligned} N &= \text{INT}(4.41 \times h^2 + 0.20 \times h^4 + 0.5) \\ rN &= 2.182 + 5.14 \times 10^{-4} \quad \times N \\ KN &= -0.3610 \\ A4N &= -1.731 \times 10^{-3} + 1.27 \times 10^{-6} \times N \\ A6N &= -2.010 \times 10^{-4} + 4.23 \times 10^{-7} \times N \\ A8N &= -3.170 \times 10^{-5} - 6.04 \times 10^{-9} \times N \\ A10N &= 6.000 \times 10^{-7} + 6.04 \times 10^{-9} \times N \\ \Delta N &= -0.001510 \quad \times N \end{aligned}$$

【0036】また、第3面の非球面形状は、光軸からの距離 h の点の非球面のサグ量 $X(h)$ を前記の(4)式で定義したとき、表5に示した各係数により与えられる。記号の意味は、前記の(4)式と同一である。

【0037】ガラスモールドレンズの硝材は、屈折率が低い方が低温での成形が可能であるため、ガラスレンズをモールド法で作る場合には、低屈折率の硝材を利用するが望ましい。そして、その場合には、実施例2のように貼合わせ面でない側の面を非球面とすることにより、高NAの対物レンズとして十分な程度に収差を補正することができる。

【0038】

【数6】

けたことによる色収差補正効果は明らかとなる。

【0041】

【表6】

$\lambda 0=780\text{nm} \quad f=3.30\text{mm} \quad \text{NA}=0.55$					
面番号	r	d	n_d	v_d	$n 780$
1 非球面	2.145	1.58913	61.2	1.58252	
2 非球面	1.355				
3 ∞	1.200	1.58547	29.9	1.57346	
4 ∞					

【0042】

【表7】

第1面

第2面

(5)

特開平6-331887

7

$r = 2.206$	$r = -9.585$
$K = -0.328$	$K = 0.000$
$A_4 = -0.150 \times 10^{-2}$	$A_4 = 0.132 \times 10^{-1}$
$A_6 = -0.167 \times 10^{-3}$	$A_6 = -0.252 \times 10^{-2}$
$A_8 = -0.305 \times 10^{-4}$	$A_8 = 0.558 \times 10^{-3}$
$A_{10} = 0.800 \times 10^{-6}$	$A_{10} = -0.534 \times 10^{-4}$

8

【0043】実施例1、2によれば、上述した従来の非球面レンズとほぼ同じ大きさ重さで色収差が補正された対物レンズを提供することができる。また、屈折力を持つ部分がガラスレンズであるため、結像性能が温度変化の影響を受けず、かつ、温度変化にも影響を受け難い。

【0044】

【実施例3】図8は、この発明の実施例3にかかる複合レンズを用いた光学系を示す。この実施例では、複合レンズを光ディスク装置のコリメートレンズとして用いている。図中右側の平行平面板Cは、半導体レーザーのカバーガラスである。具体的な数値構成は表8に示されている。この例では、第1面が通常の非球面であり、第3面が回折面である。図9は、この構成による諸収差をそれぞれ示す。

【0045】

【表8】

 $\lambda_0=780\text{nm}$ $f=10.8\text{mm}$ $NA=0.20$

面番号	r	d	n_d	v_d	n_{780}
1	非球面	2.460	1.67790	55.3	1.66959
2	∞	0.040			1.51653
3	回折面	9.000	-		
4	∞	0.250	1.51633	64.1	1.51072
5	∞	-	-		

【0046】第1面の非球面形状は、光軸からの距離 h の点の非球面のサグ量 $X(h)$ を前記の(5)式で定義したとき、表9に示した各係数により与えられる。

【0047】

【表9】 $r = 7.231$

$K = -0.5933$
$A_4 = 0.000$
$A_6 = -3.440 \times 10^{-7}$
$A_8 = -4.370 \times 10^{-9}$
$A_{10} = 0.000$

【0048】また、第3面の形状は、光軸からの距離 h の点のサグ量 $X(h)$ を以下の(6)式で表したときに、表10に示す係数で与えられる。

【0049】

【数7】 $X(h) = \Delta N \cdots (6)$

【0050】

【表10】 $N = \text{INT}(2.61 \times h^2 - 0.0212 \times h^4 + 0.5)$ $\Delta N = 0.001510 \times N$

【0051】レンズのNAが大きい場合、レンズ周辺部では光線が回折素子に対して斜めに入射するため、ほぼ垂直に入射する中心部と比較すると、厚さが同一でも光線

が通過する光路長が長くなる。したがって、輪帶ごとの位相差を中心部、周辺部のいずれにおいても同一にするためには、周辺に向かうに伴って輪帶毎の厚さの差を小さくしてゆく必要がある。

【0052】例えば、この実施例で用いる程度のNAを持つレンズにおいては、最周辺部の輪帶における輪帶毎の厚さの差を中心部の輪帶における差より約1%小さくすることにより位相を連続させることができる。ただし、全域に亘って輪帶毎の厚さの差を同一にしても、それによる位相飛びは実用上は問題とならないため、この実施例では ΔN を N の一次関数として輪帶毎の厚さの差を中央と周辺とで同一に設定している。

【0053】なお、この実施例のようにNAが高くないレンズの場合には、回折面を平面のみで構成することは型加工、形状測定が容易となるために望ましい。

【0054】

【実施例4】図10は、この発明の実施例4の複合レンズを望遠レンズに適用した光学系を示している。具体的な数値構成は表11に示されている。表中の記号 ω は半画角、 f_b はバックフォーカスである。

【0055】この望遠レンズは、最も物体側の第1レンズの図中左側となる物体側面に熱硬化型プラスチックで形成される回折素子が接合されているが、回折素子の厚さが薄いため、図10上では第1面と第2面とを重複させて示してある。

【0056】この望遠レンズは、435~656nmが使用波長帯域であり、回折素子設計時の基準波長 λ_0 は546.07nmである。図11は、この構成による諸収差をそれぞれ示す。

【0057】

【表11】

(6)

特開平6-331887

9

 $f = 293.1\text{mm}$ (波長588nmにおいて)NA=2.8 $\omega = 4.2^\circ$ $f_b = 72.40$

面番号	r	d	nd	vd
1 回折面	0.04	1.52249	59.8	
2 134.989	14.76	1.51633	64.1	
3 -1430.844	2.20	-		
4 113.600	11.80	1.51633	64.1	
5 525.000	8.98	-		
6 ∞	5.50	1.80610	33.3	
7 178.352	50.00	-		
8 86.700	3.00	1.79952	42.2	
9 42.660	14.80	1.62041	60.3	
10 496.238	10.42	-		
11 -585.886	5.00	1.80518	25.4	
12 -97.810	3.20	1.58875	51.2	
13 50.630	60.09	-		
14 96.200	6.60	1.69680	55.5	
15 -80.000	2.70	1.53172	48.9	
16 113.576	7.00	-		
17 ∞	2.00	1.51633	64.1	
18 ∞	-	-		

10

面番号	r	d	nd	vd
1	∞	8.00	1.51633	64.1
2	∞	0.04	1.52249	59.8
3 回折面		2.00	-	
4 135.029	14.80	1.51633	64.1	
5 -1430.844	2.00	-		
6 113.600	11.80	1.51633	64.1	
7 525.000	8.98	-		
8 ∞	5.50	1.80610	33.3	
9 178.352	50.00	-		
10 86.700	3.00	1.79952	42.2	
11 42.660	14.80	1.62041	60.3	
12 496.238	10.42	-		
13 -585.886	5.00	1.80518	25.4	
14 -97.810	3.20	1.58875	51.2	
15 50.630	60.09	-		
16 96.200	6.60	1.69680	55.5	
17 -80.000	2.70	1.53172	48.9	
18 113.576	7.00	-		
19 ∞	2.00	1.51633	64.1	
20 ∞	-	-		

【0058】第1面の形状は、光軸からの距離hの点のサグ量X(h)を以下の(7)式で表すとき、表12に示される係数により与えられる。第1レンズの有効半径は5.2mmであり、その第1面は133の輪帯状の面で構成される回折面である。

【0059】

【数8】

$$X(h) = rN \times (1 - \sqrt{1 - h^2/rN^2}) + \Delta N \quad \dots (7)$$

【0060】

【表12】

$$N = \text{INT}(4.43 \times 10^{-2} \times h^2 + 1.54 \times 10^{-6} \times h^4 + 0.5)$$

$$rN = 135.029 + 3.58 \times 10^{-4} \times N$$

$$\Delta N = -0.001041 \times N$$

【0061】なお、図12は、上記実施例4の望遠レンズの最も物体側の複合レンズを回折素子を持たない単レンズに置き換え、それより物体側に回折素子が接合された色収差補正フィルターを設けた例を示す。回折素子は、色収差補正フィルターの像側面に接合されている。

ただし、この例でも回折素子の厚さが薄いため、図12 中では第2面と第3面とを重複して示してある。

【0062】このレンズの具体的な数値構成は表13に示すとおりであり、第5面以降は実施例4の第3面以降と同一であり、また、収差等の性能も実施例4と同一である。

【0063】

【表13】

【0064】第3面の形状は、光軸からの距離hの点のサグ量X(h)を前記の(6)式で表すとき、表14に示す係数により与えられる。

【0065】

【表14】

$$N = \text{INT}(4.43 \times 10^{-2} \times h^2 + 1.51 \times 10^{-6} \times h^4 + 0.5)$$

$$\Delta N = 0.001041 \times N$$

【0066】図13は、実施例4と同等の性能で回折素子を用いずに硝材の組合せにより色収差を補正した望遠レンズを示す。具体的な数値構成は、表15に示される通りである。この構成による諸収差は、図14に示されるとおりである。図11と図14とを比較することにより、回折素子を用いることにより他の性能を変化させずに色収差のみを非常に良好に補正できることが理解できる。

【0067】

【表15】

(7)

特開平6-331887

11

 $f = 293.1\text{mm}$ (波長588nmにおいて)NA = 2.9 $\omega = 4.2^\circ$ $f_b = 72.00$

面番号	r	d	nd	vd
1	140.152	14.80	1.49700	81.6
2	-1148.125	2.00	-	
3	111.252	11.80	1.49700	81.6
4	440.000	10.33	-	
5	∞	5.50	1.72047	34.7
6	180.590	49.79	-	
7	86.700	3.00	1.79952	42.2
8	42.690	14.50	1.62041	60.3
9	496.238	9.73	-	
10	-585.886	5.00	1.80518	25.4
11	-97.810	3.20	1.58875	51.2
12	50.630	60.11	-	
13	96.200	6.60	1.69680	55.5
14	-80.000	2.70	1.53172	48.9
15	113.576	8.67	-	
16	∞	2.00	1.51633	64.1
17	∞	-	-	

【0068】なお、上記の実施例では、この発明の複合レンズを光ディスク用のレンズ、あるいは望遠レンズに適用した例についてのみのべたが、これら以外にも画角が著しく広くなければ、他の光学系にも適用することができる。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、屈折作用を持つレンズと回折作用を持つ素子とを別個の部材として形成して接合することにより、それぞれの作用に適した材料を選択することができ、例えばガラスレンズとプラスチック製の回折素子とを組み合せた場

合には、環境の変化による性能への影響を受け難く、かつ、回折パターンを正確に転写することができる色収差が補正された複合レンズを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例にかかる複合レンズを模式的に示し、(A)が側面図、(B)が平面図である。

【図2】実施例1にかかる複合レンズを利用した対物レンズのレンズ図である。

【図3】図2の対物レンズの諸収差図である。

【図4】実施例2にかかる複合レンズを利用した対物レンズのレンズ図である。

【図5】図4の対物レンズの諸収差図である。

【図6】実施例2の比較例としての回折素子を持たない対物レンズのレンズ図である。

【図7】図6の対物レンズの諸収差図である。

【図8】実施例3にかかる複合レンズを利用したコリメートレンズのレンズ図である。

【図9】図8のコリメートレンズの諸収差図である。

【図10】実施例4にかかる複合レンズを利用した望遠レンズのレンズ図である。

【図11】図10の望遠レンズの諸収差図である。

【図12】実施例4の変形例としてフィルターに回折素子を設けた望遠レンズのレンズ図である。

【図13】実施例4の比較例としての回折素子を持たない対物レンズのレンズ図である。

【図14】図13の対物レンズの諸収差図である。

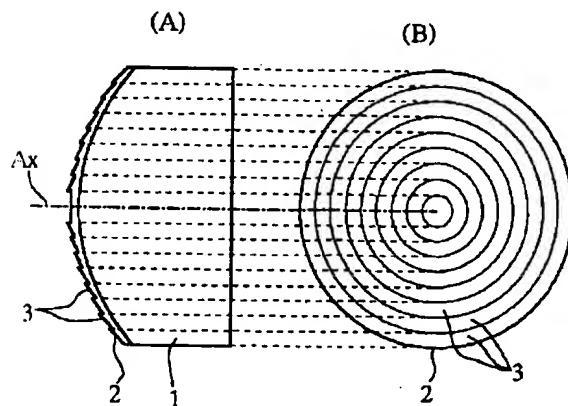
【符号の説明】

1…ガラスレンズ

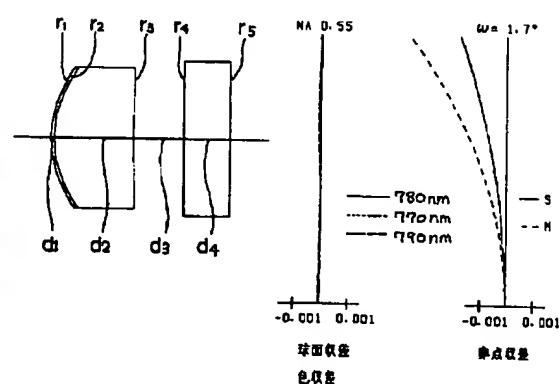
2…回折素子

3…輪帯面

【図1】



【図2】

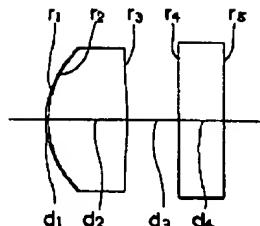


【図3】

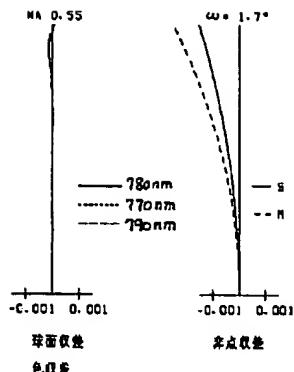
(8)

特開平6-331887

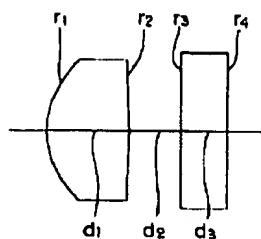
【図4】



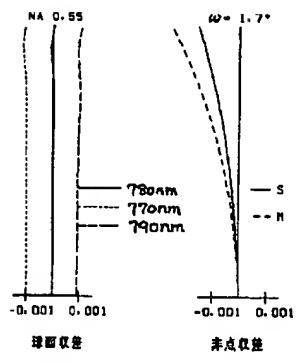
【図5】



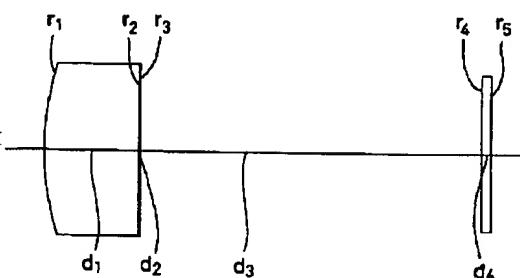
【図6】



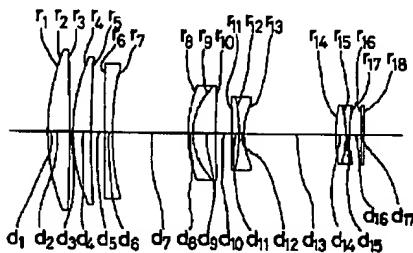
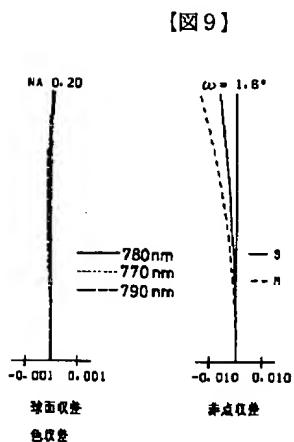
【図7】



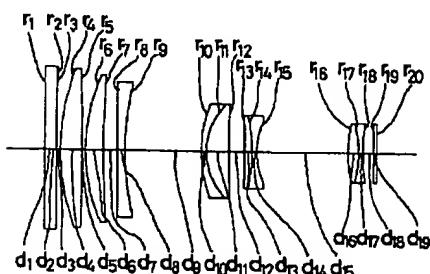
【図8】



【図10】



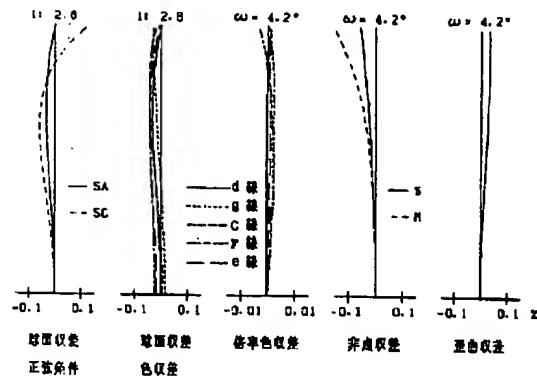
【図12】



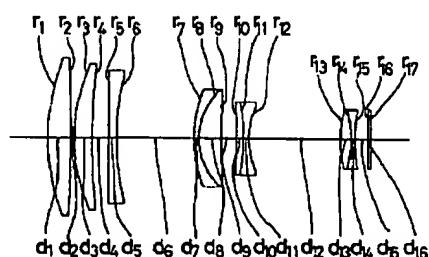
(9)

特開平6-331887

【図11】



【図13】



【図14】

